View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Electronic archive of Tomsk Polytechnic University

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ ЗАТРАТ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Н.С. Агеева

Научный руководитель: профессор, д.т.н. А.А. Мицель

Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: ageeva.nsa@gmail.com

CONSTRUCTION OF MATHEMATICAL MODEL FOR ESTIMATING OF ELECTRICITY CONSUMPTION

N.S. Ageeva

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.A. Mitsel

Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: ageeva.nsa@gmail.com

Abstract. *The article is devoted to solving the problems faced by the organization, ordering energy, namely, the problem of prediction, for example, how much power will consume the company for the next hour or day. What does the power consumption depends? In the example of company JSC «SIBUR GEOSINT» this problem was solved by using of mathematical methods. The investigated company engaged in the production of geotextiles. The main part of power goes to work equipment and the rest – on the enterprise infrastructure. The electricity consumed by the company, when nothing is produced, remains constant, but the electricity required for the production of fabrics, every day is different. The study found that a different power is required for the production of various kinds of non-woven fabric. The purpose of this study is to construct a model for the calculation of electricity consumption for the production, using regularization methods.*

Многие задачи идентификации сводятся к решению систем линейных алгебраических уравнений и с точки зрения причинно-следственной связи являются обратными задачами. Эта особенность делает большинство задач идентификации некорректно поставленными. При этом могут быть нарушены условия существования и устойчивости решения. В последние четыре десятилетия были предложены методы регуляризации решения некорректно поставленных задач.

Рассмотрим решение следующей задачи:

$$K\varphi = f,$$

где K – матрица размером $n \times m$, φ и f – вектора размерности n.

Для этой системы уравнений, записанной в матричной виде, обратная задача заключается в нахождении по заданным K и f вектора φ [1].

В исследовании необходимо решить обратную задачу, где матрица K представляет собой выпуск продукции (выраженный в тоннах) различного вида за период с 4 февраля по 31 декабрь 2015 года. Вектор f – мощность, потребляемая предприятием за сутки. Требуется найти решение обратной задачи, где решением будет являться вектор φ, показывающий, какая мощность требуется для производства одной тонны продукции товара определенного вида за сутки.

Матрица K формировалась по данным, полученным от предприятия, причем из рассмотрения удалялись данные, где в день производства происходили плановые и аварийные остановки оборудования.

Исследуя матрицу K на обусловленность, было найдено число обусловленности матрицы $cond(K) = 1{,}6 \cdot 10^{16}$. Видно, что оно очень большое, тогда как считается, что для хорошо обусловленной матрицы число обусловленности лежит в пределах от 1 до 100. Можно сделать вывод, что мы имеем дело с плохо обусловленной матрицей K, а это в свою очередь подразумевает и плохую обусловленность системы линейных алгебраических уравнений и неустойчивость решения. Поэтому решение поставленной задачи с помощью метода наименьших квадратов [2]

$$\varphi = \left(K^T K\right)^{-1} Kf$$

приводит к следующему результату:

$$\varphi = \big(34397\ 65484\ 968\ 829\ 842\ 883\ 492\ 786\ \ -2567\ 2252\ 750\ 761\ 891\ 557\ 742\ 621\ 1303\ 965\ 1075$$
$$833\ 1073\ 669\ 862\ 671\ 778\ \ -1226\ 817\ 692\ 781\ 1922\ 633\ 547\ 5615\ \ -292\ 8455\ 584\big)^T.$$

Отсюда видно, что некоторые компоненты вектора решения имеют отрицательные значения, что противоречит физическому смыслу задачи.

Первая компонента вектора φ показывает, какая мощность потребляется предприятием за день, при условии, что ничего не производилось. Компоненты со второй по восемнадцатую отвечают за потребляемую мощность на тонну нетканого полотна «КАНВАЛАН» за сутки, с девятнадцатой по тридцать вторую – «ГЕОТЕКС», а последняя – «ГеоСТЭК 400». Компоненты с тридцать третьей по тридцать пятую, отображают мощность, которую потребляет предприятие при производстве георешеток различного типа, но на настоящее время предприятие закрыло производство данного материала.

Все материалы имеют марку, которую требует заказчик, например, условное обозначение иглопробивного каландрированного материала нетканого геотекстильного КАНВАЛАН для строительства поверхностной плотностью 400 г/м^2, шириной 500 см выглядит так: *КАНВАЛАН 400(500)*. Или иглопробивной каландрированный материал нетканый геотекстильный ГЕОТЕКС поверхностной плотностью 350г/м^2, шириной 320см обозначается так: *«ГЕОТЕКС», марка 350(320), тип С*. Для обозначения, что материал не подвергался последующему каландрированию, используется буква «И» – для «КАНВАЛАН» и отсутствие «*тип С*» для «ГЕОТЕКС».

В качестве метода решения будем использовать условную минимизацию квадратичного функционала [3] вида:

$$y(\varphi) = \sum_{i=1}^{n} \left(f_i - \sum_{i=1}^{m} \left(K_{i,j}\varphi_j\right)\right)^2,$$

где n – количество строк, m – количество столбцов матрицы K,

при заданных ограничениях:

$$\varphi_j \ge 1300, \quad j = \overline{1,m}.$$

Данное ограничение было найдено в ходе исследования данных, где в день производился только один вид продукции. Подразумевается, что на тонну продукции не может быть потреблено менее 1300 кВт/ч за сутки.

Поставленная задача минимизации была решена в математическом пакете Mathcad. Ниже представлен листинг программы (рис. 1).

$$y(\varphi) := \sum_{i=1}^{\text{rows}(K)} \left[\left[f_i - \sum_{j=1}^{\text{cols}(K)} \left(K_{i,j} \cdot \varphi_j\right)\right]^2\right]$$

$j := 1..\text{cols}(K)$

$\varphi_j := 0 \qquad b1_j := 1300$

Given

$\varphi \ge b1$

$\varphi 1 := \text{Minimize}(y, \varphi)$

Рис. 1. Минимизация квадратичного функционала при заданных ограничениях

В результате было найдено следующее решение:

$$\varphi = (9776\ 1300\ 1300\ 1260\ 1763\ 1856\ 1522\ 1866\ 1300\ 1300\ 1948\ 1989\ 1829\ 1559\ 1696\ 1642\ 3359\ 1876\ 3102\ 2720\ 2473\ 2899\ 2001\ 1874\ 1762\ 1300\ 1900\ 1702\ 2020\ 3070\ 1501\ 1300\ 6527\ 1300\ 6900\ 1463)^T.$$

Это и есть искомый вектор φ, показывающий, какая мощность требуется для производства одной тонны продукции товара определенного вида за сутки.

Для планирования суточных затрат электроэнергии на выпуск продукции необходимо умножить планируемый объем продукции на вектор φ:

$$f = k^T \varphi,$$

где k – вектор, компоненты которого представляют собой планируемые объемы продукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мицель А.А., Шелестов А.А. Методы оптимизации. – Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та систем управления и радиоэлектроники, 2004. – 148 с.
2. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: В 2-х кн. Кн.1/Пер.с англ. – М.: Финансы и статистика, 1986. –386 с.
3. Воскобойников Ю.Е. Устойчивые методы и алгоритмы параметрической идентификации. Новосибирск: НГАСУ, 2006. –180с.